

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 664.951.6:597.593.8

**Л.В. Шульгина^{1,2}, Т.А. Давлетшина¹, А.М. Павловский¹,
Е.А. Солодова¹, К.Г. Павелъ¹, Е.В. Якуш^{1*}**¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;² Дальневосточный федеральный университет,
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8**КОНСЕРВЫ ИЗ САЙРЫ ТИХООКЕАНСКОЙ —
ИСТОЧНИК ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ
СЕМЕЙСТВА ОМЕГА-3**

Исследован состав жирных кислот липидов мышечной ткани сайры тихоокеанской в зависимости от размера тела. Установлено, что в составе липидов мелкой сайры содержание мононенасыщенных жирных кислот составляло 40,97 %, полиненасыщенных — 34,20 %; в липидах крупных особей — 43,87 и 31,09 %. Сумма ЭПК и ДГК в мелкой сайре составляет 2,30 г на 100 г мышечной ткани, в крупной — 3,77 г/100 г. При стерилизации консервов из сайры тихоокеанской снижение содержания омега-3 жирных кислот не превышает 5,2 % от их исходного количества. Из сайры разного размера получены консервы по типу паштетов. В них исключаются потери жирных кислот при отделении бульона и жира под действием высокой температуры. Консервы из сайры тихоокеанской разных размерных групп представляют собой богатый источник омега-3 жирных кислот. В липидах консервов содержание ПНЖК колеблется от 42,1 до 46,7 %, в которых сумма ЭПК и ДГК составляет в среднем 1,73–2,71 г/100 г продукта, что позволяет удовлетворить суточную потребность организма человека в них.

Ключевые слова: сайра тихоокеанская, липиды, омега-3 жирные кислоты, консервы, полиненасыщенные жирные кислоты.

DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-235-242.

Shulgina L.V., Davletshina T.A., Pavlovsky A.M., Solodova E.A., Yakush E.V. Canned goods from pacific saury — a source of polyunsaturated fatty acids of the omega-3 family // *Izv. TINRO*. — 2017. — Vol. 191. — P. 235–242.

Lipid fatty acids composition for muscle tissue of pacific saury is determined in dependence on the fish body size. The percentage is 40.97 % of monounsaturated fatty acids

* Шульгина Лидия Васильевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией, e-mail: shulgina@tinro.ru; Давлетшина Татьяна Андреевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: ta.davletshina@yandex.ru; Павловский Алексей Михайлович, научный сотрудник, e-mail: pavlovskas@rambler.ru; Солодова Елена Афанасьевна, кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: solodova@tinro.ru; Павелъ Константин Геннадьевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: kg.pavel@yandex.ru; Якуш Евгений Валентинович, кандидат химических наук, доцент, заместитель директора, e-mail: evyakush@tinro.ru.

Shulgina Lidia V., D.Sc., professor, head of laboratory, e-mail: shulgina@tinro.ru; Davletshina Tatyana A., Ph.D., senior researcher, e-mail: ta.davletshina@yandex.ru; Pavlovsky Alexey M., researcher, e-mail: pavlovskas@rambler.ru; Solodova Elena A., Ph.D., researcher, e-mail: solodova@tinro.ru; Pavel' Konstantin G., Ph.D., senior researcher, e-mail: kg.pavel@yandex.ru; Yakush Eugeny V., Ph.D., deputy director, e-mail: evyakush@tinro.ru.

and 34.20 % of polyunsaturated fatty acids for small-sized fish and 43.87 % and 31.09 %, respectively, for large-sized fish. The summary content of EPA and DHA is 2.30 g per 100 g of muscle tissue for small-sized fish and 3.77 g/100 g for large-sized fish. Decreasing of the omega-3 fatty acids content in the process of the canned food sterilization does not exceed 5.2 % of the initial amount. The saury of various size could be processed to the canned goods of pate type that excludes the fat losses in the process of broth and fat separation under high temperature. The portion of omega-3 polyunsaturated fatty acids in the canned food from saury is 42.1–46.7%, with average content of EPA and DHA 1.73–2.71 g per 100 g that corresponds to daily requirements of human organism.

Key words: pacific saury, lipid, omega-3 fatty acid, canned food, polyunsaturated fatty acid.

Введение

Одним из главных компонентов пищевого рациона человека являются липиды, питательная ценность которых определяется качественным составом полиненасыщенных жирных кислот. Физиологическое действие их зависит от положения первой двойной связи относительно метильной группы алкильного конца цепи и от числа двойных связей в молекуле жирных кислот. Наиболее значимыми для организма человека являются полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) семейств омега-3 (n-3) и омега-6 (n-6), у которых расположение первой двойной связи находится у 3-го и 6-го атомов углерода. Представителями семейства n-3 являются α -линоленовая (20:3), эйкозапентаеновая (20:5) и докозагексаеновая (22:6) жирные кислоты. К семейству n-6 относятся около десяти видов жирных кислот, но основное физиологическое значение имеют линолевая (18:2) и арахидоновая (20:4). Жирные кислоты семейств n-3 и n-6 участвуют в образовании структурных элементов клеточных мембран, липопротеидных комплексов головного и спинного мозга, сердца, печени и других органов, являются предшественниками ряда биологически важных метаболитов — простагландинов, циклопентенонов, простациклинов, тромбоксанов, лейкотриенов, липоксинов, гепоксилинов (SanGiovanni, Chew, 2005; Calder, 2009; Weylandt et al., 2012). Они способствуют нормализации обмена веществ в клетках, обмена холестерина и выведению его из организма, регулированию кровяного давления, стимулируют защитные механизмы организма, повышают устойчивость к инфекционным заболеваниям, к действию радиации и других повреждающих факторов (Bernardi, 1996; Farooqui et al., 2000; Sinclair et al., 2002; Plourde, Cunnane, 2007; Wall et al., 2010; Phang et al., 2011).

ПНЖК для человека являются незаменимыми, или эссенциальными, так как организм их не синтезирует, а получает только с пищей (Bell, Tocher, 2009; Lands, 2009). Физиологическая потребность в них для взрослых составляет 1–2 % калорийности суточного рациона (МР 2.3.1.2432). По данным Reis и Hibbeln (2006) ежедневно в организм взрослого человека должно поступать суммарное количество эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) жирных кислот не менее 1,0 г. Для человека при употреблении n-6 и n-3 жирных кислот наиболее рациональным их соотношением является от 10 : 1 до 4 : 1 (Левачев, 1995; Harris et al., 2009; <http://www.csuchico.edu/agr/grassfedbeef/healthbenefits/index>). Пониженное их потребление или несбалансированное отношение к сумме n-6 кислот постепенно приводит к изменению жирнокислотного состава в клеточных мембранах, к различным нарушениям их функций и возникновению заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем, желудочно-кишечного тракта, психическим и другим расстройствам (Davis, Kris-Etherton, 2003; Hibbeln et al., 2006; McNamara, Carlson, 2006; Reis, Hibbeln, 2006; Robert, 2006; Plourde, Cunnane, 2007; Harris et al., 2009; Saldanha et al., 2009; Wall et al., 2010).

Известно, что основными источниками ЭПК и ДГК являются рыба и водные беспозвоночные. Однако не все пресноводные и морские гидробионты могут являться источниками ПНЖК, особенно омега-3 жирных кислот. Основная часть гидробионтов содержит жир в небольшом количестве — 0,5–5,0 % сырой массы. К тому же, липиды с высоким содержанием ПНЖК — очень нестойки, быстро подвергаются гидролизу и окислению (Акулин, Первунинская, 1974), что обуславливает их потери при кулинарной обработке рыбы, посоле, копчении и др. Вследствие этого масса рыбных продуктов,

содержащая 1 г омега-3 жирных кислот, может достигать 167–563 г (Ackman, 1988; Акулин и др., 1995, 1999; Gladyshev et al., 2007, 2009; Simon et al., 2012).

Исключением являются консервы из жирных видов рыб. Способ получения рыбных консервов позволяет обеспечить наибольшее сохранение липидного компонента рыбы в герметично закупоренных банках или пакетах под вакуумом. Это связано с тем, что при термообработке продукта в замкнутой системе исключаются потери пищевых веществ, которые происходят при кулинарной обработке. Отсутствие кислорода в консервах, инактивирование тканевых и микробных ферментов при стерилизации исключают процесс гидролиза и окисления липидов как при получении продукта, так и при длительном хранении.

Вместе с тем в натуральных рыбных консервах при стерилизации происходит отделение до 50,0 % жира от плотной части с бульоном (Швидкая, 1992; Акулин и др., 1995). В пищу чаще всего используется только плотная часть содержимого консервов, а отделившийся жир не употребляется. Сохранение всей липидной части рыбного объекта возможно при изготовлении комбинированных консервов по типу паштетов, состав которых рационально дополнить вкусоароматическими и структурообразующими компонентами.

Целью настоящей работы явилось определение влияния процесса стерилизации на состав жирных кислот липидов сайры тихоокеанской, в том числе семейства омега-3, а также консервов по типу паштетов из сайры разных размерных групп.

Материалы и методы

Для проведения исследований были использованы отобранные из промышленных партий образцы мороженой сайры тихоокеанской, а также изготовленные рыбные консервы. Рыба была заморожена в блоках по 10 кг. Срок хранения мороженых образцов составлял не более 2 мес. при температуре минус 18 °С. После размораживания блока рыбы отбирали из различных мест пробы массой не менее 0,3 кг и составляли из них объединенную пробу.

Подготовку проб к анализу и определение массовой доли жира и других компонентов в составе консервов проводили по ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Липиды экстрагировали по методу Блайя и Дайера (Bligh, Dyer, 1959). Газожидкостную хроматографию метиловых эфиров жирных кислот проводили на хроматографе «GC-16A» (Shimadzu, Япония) с использованием капиллярной колонки Supelcowax™ 10 (30,0 м × 0,3 мм, толщина пленки 0,25 мкм, Supelco, США) и пламенно-ионизационного детектора при температуре колонки 190 °С и температуре инжектора и детектора 220 °С. В качестве газа-носителя использовали гелий со скоростью потока 1 мл/мин и делителем потока 1/60. Идентификацию проводили с использованием ECL.

Подготовку сайры, материалов и тары, фасование, эксгаустирование и закатывание банок, стерилизацию и охлаждение, мойку и сушку консервов проводили по технологической инструкции по производству натуральных рыбных консервов*. Для получения консервов смесь из подготовленных компонентов в соответствии с рецептурой измельчали на куттере в течение 5–7 мин. Паштетную массу фасовали в предварительно промытые и прошпаренные металлические банки № 22, масса нетто составляла 135 г. Банки герметично закатывали на вакуум-закаточной машине. Стерилизовали в автоклаве паром в течение 30 мин при температуре 120 °С. Охлаждение консервов проводили водой с противодавлением (0,20 МПа). После охлаждения стерилизованные консервы тщательно мыли, подсушивали и хранили.

Результаты и их обсуждение

В производстве натуральных консервов используют сайру тихоокеанскую среднего (24–29 см) и крупного (более 29 см) размера*, кроме мелкой (менее 24 см). Однако

* Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов. СПб.: Судостроение, 2012. Т. 2. 272 с.

доля мелких особей сайры в уловах составляет не менее 15–20 % (Давлетшина и др., 2014), а к концу сайровой путины она заметно повышается (Филатов и др., 2011). По данным А.А. Курмазова* оптимальное соотношение сайры разных размерных групп в уловах составляет примерно по одной трети. Это обуславливает необходимость разработки путей рационального использования мелкой сайры.

Исследования сайры разных размерных групп показали, что содержание жира в мелкой рыбе (до 24 см) в среднем составляет 10,7–11,8 %, в сайре длиной более 24 см — 19,2–19,8 %.

При изучении нейтральных и полярных липидов мышечной ткани сайры были установлены различия в составе жирных кислот в зависимости от длины тела рыбы (табл. 1).

Состав насыщенных жирных кислот в липидах мышечной ткани сайры разных размерных групп имел большое сходство. Содержание их в мелкой и крупной сайре составляло 24,29 и 24,46 % от общей суммы жирных кислот. В группе насыщенных доли индивидуальных жирных кислот в липидах мелкой, средней и крупной сайры также полностью совпадали. Среди насыщенных жирных кислот преобладали пальмитиновая (16:0) и миристиновая (14:0), содержание которых составляло соответственно 50,0 и 32,2 % от суммы насыщенных жирных кислот.

Наибольшей группой представлены мононенасыщенные жирные кислоты, содержание которых в липидах средней и крупной сайры составило 43,87 % от суммы жирных кислот, что на 3 % больше по сравнению с липидами мелкой рыбы (40,97 %).

В этой группе доминировала докозеновая кислота (22:1), которая на 95,3 % представлена ее изомером (22:1 n-13). Установлено, что в липидах мелкой сайры её количество на 13,3 % меньше, чем в липидах более крупных особей. Содержание эруковой кислоты (22:1 n-9) в липидах сайры разных размеров очень незначительное и составляло 0,13–0,29 % от суммы жирных кислот. Третья часть мононенасыщенных жирных кислот была представлена изомерами эйкозеновой кислоты (20:1).

Доля ПНЖК в липидах мышечной ткани мелкой сайры составляла 34,20 % от суммы жирных кислот, что на 3,10 % больше, чем в крупных особях (31,09 %) рыбы. Однако по содержанию омега-3 жирных кислот они были близки. В мелкой сайре их количество достигало 29,86, в крупной — 28,93 % от суммы всех жирных кислот. Основная часть омега-3 жирных кислот была представлена докозагексаеновой (ДГК) и эйкозапентаеновой (ЭПК) кислотами. В мелкой сайре содержание ДГК составляло 12,59, в крупной — 12,91 % от суммы жирных кислот. Количество ЭПК было значительно ниже и составляло соответственно 6,99 и 7,12 % от суммы жирных кислот. При сравнительном анализе установлено, что сумма ЭПК и ДГК в липидах мышечной ткани крупной сайры составляет 3,77 г/100 г, в мелкой — 2,30 г/100 г. В липидах крупной сайры содержание омега-6 жирных кислот — всего 2,16, мелкой — 3,11 %. С учетом рекомендуемой суточной нормы потребления эссенциальных жирных кислот (МР 2.3.1.2432) сайра тихоокеанская разных размерных групп выступает как богатый источник омега-3 жирных кислот.

Влияние стерилизации на изменение состава ПНЖК семейства омега-3 определяли при температуре 120 °С в течение 40 мин. Установлено, что сумма ЭПК и ДГК в навеске 100 г мяса рыбы снижалась не более чем на 5,2 % и составила в мелких особях 2,18 г/100 г, в крупных — 3,55 г/100 г (табл. 2), что позволяет считать стерилизованные консервы из сайры богатым источником омега-3 жирных кислот.

Для исключения потерь омега-3 жирных кислот в результате отделения от плотной части бульона и жира были изготовлены консервы по типу паштетов из сайры разных размеров. Массовая доля сайры в консервах составила 60 %. Для обеспечения высоких органолептических показателей в рецептуру консервов введены дополнительные компоненты: овощи (лук, морковь), молоко сухое, крахмал, вкусоароматические добавки (соль, пряности). Овощи пассеровали с использованием подсолнечного масла, массовая

* Курмазов А.А. Сайра — важный объект японского рыболовства // Fishnews. 2009. Вып. 1(14).

Таблица 1

Состав жирных кислот липидов сайры тихоокеанской разных размерных групп

Table 1

Composition of lipid fatty acids of pacific saury, by size groups

Жирная кислота	Размерная группа			
	До 24 см		24 см и более	
	Содержание жирных кислот			
	%	г/100 г мышечной ткани	%	г/100 г мышечной ткани
14:0	7,78	0,91	7,89	1,48
15:0	1,10	0,13	1,04	0,19
16:0-i	0,21	0,02	0,17	0,03
16:0	12,07	1,41	12,20	2,29
17:0	0,81	0,10	0,49	0,09
18:0-i	0,45	0,05	0,28	0,05
18:0	1,69	0,20	1,53	0,28
20:0	0,18	0,02	0,86	0,16
Σ насыщенных	24,29	2,84	24,46	4,57
14:1	0,15	0,01	–	–
16:1 n-7	3,64	0,42	3,66	0,68
16:1 n-5	0,58	0,02	0,50	0,10
17:1 n-9	0,38	0,04	0,27	0,05
18:1 n-5	0,74	0,08	0,66	0,13
18:1 n-7	0,96	0,11	1,08	0,20
18:1 n-9	5,14	0,60	5,02	0,93
20:1 n-5	0,17	0,02	0,20	0,04
20:1 n-7	0,13	0,02	0,80	0,15
20:1 n-9	2,90	0,34	1,29	0,24
20:1 n-11	11,26	1,32	13,0	2,43
22:1 n-9	0,13	0,02	0,29	0,05
22:1 n-11	0,57	0,02	0,70	0,14
22:1 n-13	14,22	1,67	16,40	3,07
Σ мононенасыщенных	40,97	4,81	43,87	8,21
16:2 n-4	0,96	0,11	–	–
16:2 n-6	0,17	0,02	–	–
16:3n-3	0,14	0,02	–	–
16:4n-1	0,16	0,02	–	–
18:2 n-6	1,75	0,21	1,48	0,28
18:2 n-4	0,11	0,01	–	–
18:3 n-3	1,63	0,19	1,28	0,24
18:3 n-6	0,16	0,02	–	–
18:4 n-3	5,57	0,66	4,92	0,92
18:5n-3	–	–	0,19	0,04
20:2 n-6	0,25	0,03	0,21	0,04
20:3 n-6	0,16	0,02	0,14	0,03
20:4 n-6	0,40	0,05	0,33	0,06
20:3 n-3	0,18	0,02	0,17	0,03
20:4 n-3	1,11	0,13	0,94	0,18
20:5 n-3 (ЭПК)	6,99	0,82	7,19	1,35
21:5 n-3	0,37	0,04	0,29	0,05
22:5 n-3	1,28	0,15	1,04	0,19
22:5 n-6	0,22	0,03	–	–
22:6 n-3 (ДГК)	12,59	1,48	12,91	2,42
Σ полиненасыщенных	34,20	4,03	31,09	5,83
Σ неидентифицированных	0,54	–	0,58	–

доля которого в рецептуре консервов составляла $5,5 \pm 0,5$ %. Введение подсолнечного масла в консервы способствовало обогащению продукта ненасыщенными жирными

Таблица 2

Влияние процесса стерилизации на содержание омега-3 жирных кислот в сайре

Table 2

Effect of sterilization process on content of omega-3 fatty acids in saury

Жирная кислота	Содержание, г/100 г		Снижение содержания жирных кислот после стерилизации, %
	До стерилизации	После стерилизации	
<i>Сайра до 24 см</i>			
ЭПК	0,82 ± 0,12	0,78 ± 0,06	4,1
ДГК	1,48 ± 0,17	1,40 ± 0,13	5,0
<i>Сайра более 24 см</i>			
ЭПК	1,35 ± 0,15	1,27 ± 0,10	4,7
ДГК	2,42 ± 0,19	2,28 ± 0,21	5,2

кислотами. В липидах масла 59,8 % жирных кислот были представлены линолевой кислотой (18:2 n-6), 23,7 % — олеиновой (18:1 n-9) (Химический состав..., 1987).

Готовые консервы представляли собой продукты с высокими товароведными характеристиками, имели приятный вкус и запах, свойственный составляющим компонентам, нежную и сочную консистенцию. Масса продукта была однородная, структура равномерная. Отделения жира от плотной части продукта или наличие тонкой жировой пленки не отмечалось.

Содержание жира в составе паштетных консервов на основе мелкой сайры составляло 12,1, крупной — 16,3 %.

Соотношения отдельных групп жирных кислот в консервах из сайры разных размеров приведены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание жирных кислот в составе паштетных консервов на основе мелкой и крупной сайры

Content of fatty acids in pate canned food made of small-sized and large-sized saury

Table 3

Жирные кислоты	Содержание в консервах из сайры				
	мелкой		крупной		
	г/100 г мышечной ткани	% от суммы жирных кислот	г/100 г мышечной ткани	% от суммы жирных кислот	
Насыщенные	3,25 ± 0,12	27,4	3,29 ± 0,20	20,4	
Мононенасыщенные	3,08 ± 0,41	25,9	6,04 ± 0,61	37,5	
Полиненасыщенные	5,55 ± 0,67	46,7	6,78 ± 0,80	42,1	
в том числе	Σ омега-6	3,38 ± 0,40	28,4	3,42 ± 0,50	21,2
	Σ омега-3: из них	1,96 ± 0,20	16,5	2,74 ± 0,30	17,0
	ЭПК	0,69 ± 0,03		1,56 ± 0,70	
	ДГК	1,04 ± 0,20		1,15 ± 0,50	

Показано, что преобладающей группой являются ПНЖК, увеличение количества которых в консервированном продукте обусловлено введением в рецептуру подсолнечного масла, богатого линолевой кислотой (18:2 n-6).

Соотношение индивидуальных жирных кислот в консервах также не совпадало с таковым в мышечной ткани сайры. В консервах около 50 % мононенасыщенных жирных кислот было представлено олеиновой (18:1 n-9), содержание которой в продукте из мелкой сайры составляло 1,56 г/100 г продукта, из крупной — 1,75 г/100 г. Ее доля в группе мононенасыщенных жирных кислот в консервах из мелкой рыбы была 50,6 %, из крупной — 29,0 %.

В липидах консервов из мелкой сайры количество ПНЖК было выше и составило 46,7 % по сравнению с консервами из крупной рыбы (42,1 %). Сумма ЭПК и ДГК в консервах из мелкой сайры составляет 1,73 г/100 г продукта, из крупной — 2,71 г/100 г.

Соотношение омега-3 : омега-6 жирных кислот в консервах из мелкой сайры составляет 1,00 : 1,72, крупной — 1,00 : 1,25, в связи с чем их следует рекомендовать как источник данных веществ, 100 г которых позволяет удовлетворить суточную потребность организма человека.

Выводы

Сайра тихоокеанская разных размерных групп является богатым источником ПНЖК, в том числе семейства омега-3. Сумма ЭПК и ДГК в липидах крупной сайры составляет 3,77 г/100 г мышечной ткани, в мелкой — 2,30 г/100 г.

Процесс стерилизации позволяет сохранить в малоизмененном виде состав и содержание жирных кислот в липидах сайры. Уровень снижения количества омега-3 жирных кислот в липидах сайры после стерилизации не превышает 5,2 % от исходного.

Для исключения потерь ценных эссенциальных липидов из сайры тихоокеанской, в том числе мелкоразмерной группы, целесообразно изготовление комбинированных консервов по типу паштетов, в которых доля ПНЖК составляет 42,1–46,7 % от суммы жирных кислот. Содержание омега-6 жирных кислот в паштетных консервах из сайры составляет 3,38–3,42 г/100 г, что обусловлено внесением в их рецептуру подсолнечного масла. Сумма ЭПК и ДГК в консервах составляет 1,73–2,71 г/100 г продукта и позволяет обеспечить суточную потребность организма человека в них.

Список литературы

Акулин В.Н., Блинов Ю.Г., Швидкая З.П., Попков А.А. Состав липидов натуральных консервов из некоторых видов рыб и беспозвоночных // Изв. ТИНРО. — 1995. — Т. 118. — С. 48–53.

Акулин В.Н., Первунинская Т.А. Жирнокислотный состав липидов некоторых видов тихоокеанских рыб // Исслед. по технологии рыбных продуктов. — Владивосток : ТИНРО, 1974. — Вып. 5. — С. 39–42.

Акулин В.Н., Швидкая З.П., Блинов Ю.Г. и др. Консервированные продукты из лососевых — источник полиненасыщенных жирных кислот в питании человека // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 125. — С. 131–138.

Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В., Долбина Н.В. и др. Научные подходы к рациональному использованию мелкой сайры тихоокеанской (*Cololabis saira*) в консервном производстве // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 177. — С. 275–286.

Левачев М.М. Соотношение ω 6 и ω 3 полиненасыщенных жирных кислот рациона как фактор регуляции обменных процессов организма // Тез. докл. Междунар. симпоз. «ПНЖК ω 6 и ω 3 семейств: медико-биологические, биохимические и биотехнологические аспекты». — Владивосток, 1995. — С. 31.

Филатов В.Н., Старцев А.В., Устинова Е.И., Пономарева Е.И. Распределение и размерно-возрастная структура скоплений сайры в тихоокеанских водах России // Вестн. Южного научного центра РАН. — 2011. — Т. 7, № 3. — С. 87–100.

Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. — 2 изд., перераб. и дополн. — М. : Агропромиздат, 1987. — 360 с.

Швидкая З.П. Консервы «Сельдь иваси натуральная» — источник ЭПК в питании человека // Экологические проблемы питания населения Украины : тез. докл. Междунар. конф. — Киев, 1992. — С. 109.

Ackman R.G. Oils and Fats Group International Lecture — The year of the fish oils // Chemistry and Industry. — 1988. — Vol. 5. — P. 139–145.

Bell M.V., Tocher D.R. Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids in aquatic ecosystems: general pathways and new directions // Lipids in Aquatic Ecosystems. — N.Y., 2009. — P. 211–236.

Bernardi G. New comprehensive biochemistry // Biochemistry of lipids, lipoproteins and membranes. — Amsterdam, 1996. — Vol. 31. — P. 141–152.

Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. — 1959. — Vol. 37, № 8. — P. 911–917.

Calder P.C. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: New twists in an old tale // Biochimie. — 2009. — Vol. 91, № 6. — P. 791–795. DOI: 10.1016/j.biochi.2009.01.008.

- Davis B.C., Kris-Etherton P.M.** Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: current knowledge and practical implications // *Am. J. Clin. Nutr.* — 2003. — Vol. 78, № 3. — P. 640S–646S.
- Farooqui A.A., Horrocks L.A., Farooqui T.** Glycerophospholipids in brain: their metabolism, incorporation into membranes, functions, and involvement in neurological disorders // *Chem. Phys. Lipids.* — 2000. — Vol. 106(1). — P. 1–29.
- Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Gubanenko G.A. et al.** Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species // *Food Chemistry.* — 2007. — Vol. 101. — P. 1694–1700.
- Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Makhutova O.N., Kalachova G.S.** Content of essential polyunsaturated fatty acids in three canned fish species // *Int. J. Food Sci. Nutr.* — 2009. — Vol. 60, Iss. 3. — P. 224–230. DOI: 10.1080/09637480701664761.
- Harris W.S., Mozaffarian D., Lefevre M. et al.** Towards establishing dietary reference intakes for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids // *J. Nutr.* — 2009. — Vol. 139, № 4. — P. 804S–819S. DOI: 10.3945/jn.108.101329.
- Hibbeln J.R., Nieminen L.R., Blasbalg T.L. et al.** Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids: estimations considering worldwide diversity // *Am. J. Clin. Nutr.* — 2006. — Vol. 83, Suppl. 6. — P. 1483–1493.
- Lands W.E.M.** Human life: caught in the food // *Lipids in Aquatic Ecosystems.* — N.Y., 2009. — P. 327–354.
- McNamara R.K., Carlson S.E.** Role of omega-3 fatty acids in brain development and function: potential implications for the pathogenesis and prevention of psychopathology // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* — 2006. — Vol. 75, Iss. 4–5. — P. 329–349. DOI: 10.1016/j.plefa.2006.07.010.
- Phang M.S., Lazarus S., Wood L.G., Garg M.** Diet and thrombosis risk: nutrients for prevention of thrombotic disease // *Semin. Thromb. Hemost.* — 2011. — Vol. 37(3). — P. 199–208. DOI: 10.1055/s-0031-1273084.
- Plourde M., Cunnane S.C.** Extremely limited synthesis of long chain polyunsaturates in adults: implications for their dietary essentiality and use as supplements // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* — 2007. — Vol. 32(4). — P. 619–634. DOI: 10.1139/H07-034.
- Reis L.C., Hibbeln J.R.** Cultural symbolism of fish and the psychotropic properties of omega-3 fatty acids // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* — 2006. — Vol. 75, Iss. 4–5. — P. 227–236. DOI: 10.1016/j.plefa.2006.07.014.
- Robert S.S.** Production of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid-containing oils in transgenic land plants for human and aquaculture nutrition // *Mar. Biotechnol.* — 2006. — Vol. 8, Iss. 2. — P. 103–109.
- Saldanha L.G., Salem N.Jr., Brenna J.T.** Workshop on DHA as a required nutrient: overview // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* — 2009. — Vol. 81, Iss. 2–3. — P. 233–236. DOI: 10.1016/j.plefa.2009.07.001.
- SanGiovanni J.P., Chew E.Y.** The role of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in health and disease of the retina // *Prog. Retin. Eye Res.* — 2005. — Vol. 24, Iss. 1. — P. 87–138.
- Simon S.J.G.B., Sancho R.A.S., Lima F.A. et al.** Interaction between soybean oil and the lipid fraction of fried pitu prawn // *Food Science and Technology.* — 2012. — Vol. 48. — P. 120–126.
- Sinclair A.J., Attar-Bashi N.M., Li D.** What is the role of α -linolenic acid for mammals? // *Lipids.* — 2002. — Vol. 37, № 12. — P. 1113–1123.
- Wall R., Ross R.P., Fitzgerald G.F., Stanton C.** Fatty acids from fish: the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids // *Nutr. Rev.* — 2010. — Vol. 68, Iss. 5. — P. 280–289. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2010.00287.x.
- Weylandt K.H., Chiu C.Y., Gomolka B. et al.** Omega-3 fatty acids and their lipid mediators: towards an understanding of resolvin and protectin formation // *Prostaglandins Other Lipid Mediat.* — 2012. — Vol. 97, Iss. 3–4. — P. 73–82. DOI: 10.1016/j.prostaglandins.2012.01.005.

Поступила в редакцию 23.10.17 г.

Принята в печать 23.10.17 г.